

# 휘발성유기화합물 제거용 흡착형 활성탄소 섬유필터 개발 및 성능평가

## Development and Performance Evaluation of Adsorption-type ACF for Removing VOCs

전 동 환\*, 박 훈 민\*\*, 윤 달 환\*\*\*★

Dong-Hwan Jeon\*, Hoon-Min Park\*\*, Dal-Hwan Yoon\*\*\*★

### Abstract

We have implemented the adsorption-type ACF(Activated Carbon Filter) of a cylindrical shape, and evaluated the performance according to the supply of steam for VOCs(Volatile Organic Compounds) desorption. The filter size is designed to have an outer diameter of 600mm, an inner diameter of 400mm, and a height of 1500mm, and it is simulated by reducing the inner diameter of the lower filter while fixing the upper size, thickness, and height of the filter to make steam evenly throughout the adsorption filter. The steam supply applies the standard for supplying 350 kg/hr six times an hour, and the adsorption of activated carbon fibers evaluates the difference between the total adsorption amount according to the concentration change and the adsorption capacity at the fruit point. The adsorption characteristic is to confirm the adsorption characteristic of the activated carbon fiber under spatial speed (10,000-254,000-h) by adjusting the adsorbent filling height to a range of 3 to 75 mm under the supply conditions of 100L/min of test gas supply and 400ppm of VOCs concentration.

### 요 약

본 논문은 흡착형 활성탄소섬유필터(Activate Carbon Filter, ACF)를 국산화하기 위하여 수입 필터와 유사한 원통형을 설계하고, 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs) 탈착용 스팀 공급에 따른 스팀 유동 특성 분석 및 성능을 평가한다. 필터 크기는 수입 ACF 크기를 고려하여 외경 600 mm, 내경 400 mm, 높이 1500 mm 형상으로 설계하고, 스팀이 흡착 필터 전체에 고르게 동작하도록 형상 도출을 위해 필터 상부 크기, 두께, 높이를 고정한 상태에서 하부 필터 내경 크기를 감소시켜 가면서 시뮬레이션한다. 스팀 공급량은 350 kg/hr을 1시간에 6회 공급하는 기준을 적용하고, 활성탄소섬유의 흡착은 농도 변화에 따른 총 흡착량과 파과점에서의 흡착용량 차이를 평가한다. 흡착특성은 흡착반응기에 활성탄소섬유를 거치시킨 후 시험가스 공급유량 100L/min과 VOCs 농도 400ppm 공급 조건에서 흡착제 충전 높이를 3~75 mm 범위로 조절하여 공간속도(10,000~254,000-h) 조건에서 활성탄소섬유 흡착 특성을 확인한다.

*Key words : Activated carbon fiber (ACF), adsorption filter for VOCs recovery, comparative area and density, adsorption amount and crest point, air pollution prevention device*

\* Institute of Advanced Engineering,

\*\* Emsolution Co., Ltd.,

\*\*\* Dept. of Electronics Engineering, Semyung University.

★ Corresponding author

E-mail : yondh@semyung.ac.kr, jeon-76@iae.re.kr, Tel : +82-43-649-1308

※ Acknowledgment

This study was supported by the Tech-Bridge project of the Ministry of SMEs and Startups(Project No. RS-2022-00141809)

Manuscript received May, 11, 2023; revised May, 25, 2023; accepted Jun, 6, 2023.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### I. 서론

우리나라는 기후변화에 대응한 온실가스 감축을 위해 2030년 배출전망치(851백만 톤) 대비 37% 감축 목표(315백만 톤)를 확정하고, 그 영향을 최소화하기 위한 다양한 대기오염 저감기술 정책을 추진하고 있다[1].

차량용 도장부스에서 배출되는 휘발성 유기 화합물(VOCs)을 제거하기 위해 전처리 필터, 활성탄 필터, 활성탄소 섬유 필터 등으로 구성하여 운영하고 있으나, 기존 장치의 구조 개선과 필터 연구[2]를 통해 제거효율을 높여 하고 있다. 대규모 조선포는 막대한 규모의 방지 시설과 설치비용으로 상황에 따라 경제적이고 효율적인 처리기술 개발[3]이 요구되었다. 이처럼 VOCs는 소규모 세탁업, 인쇄업, 음식업, 자동차정비업, 도장업 등 생활 환경 주변에서 오존(O3)과 미세먼지(PM2.5) 생성의 주범이 되고 있다.

복합가스 화학공장, 유기제를 사용하는 필름공장, HF 나 벤젠을 사용하는 공장 등에서 배출되는 VOCs를 제거하기 위해서 과다한 유지보수 비용, 폐기물 처리 및 배출로 인해 2차 오염[4]을 일으킨다. 이러한 배출 오염을 회수하기 위해서 수입용 탄소성분 소재의 K-필터를 사용한다[5]. 표 1은 3년간의 VOCs 배출량을 나타낸다.

Table 1. Annual emissions of industrial VOCs.  
 표 1. 산업부분 VOCs의 연도별 배출량 (단위 : 톤)

Combustion Sort	2015	2016	2017
Energy industry	7,464	8,001	7,753
Non-industrial	2,622	2,740	2,830
Manufacturing	3,101	3,342	3,199
Production process	182,899	186,104	188,324
Energy transport and storage	29,137	30,160	30,695
Organic solvents	555,359	558,004	563,648
Road transportation pollution	46,145	47,561	45,920
Non-road transportation	40,311	40,816	59,407
Waste disposal	57,074	58,988	58,405
Other cotton pollution	648	624	901
Biological combustion	86,012	87,687	86,500
Sum	1,010,771	1,024,029	1,047,585

배출 VOC를 제거하는 탄소성분 소재의 수입용 K-필터는 활성탄과 활성탄소섬유로 성능을 비교할 수 있다. 그림 1은 활성탄과 활성탄소섬유 특성을 비교한다.

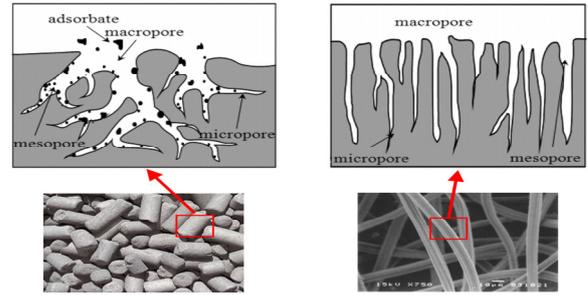


Fig. 1. Comparison of activated carbon and carbon fiber pore structures.

그림 1. 활성탄과 탄소섬유 기공구조 비교

표 2는 재생설비를 기반으로 활성탄과 활성탄소섬유의 특성을 비교한 것이다.

Table 2. Characteristic comparison of activated carbon and activated carbon fiber.

표 2. 활성탄과 활성탄소섬유의 특성 비교

Type of adsorbent		Activated carbon fiber	Activated carbon
adsorbent	Fill amount	56 kg×2=112 kg	1400 kg×2=2800 kg
	Layer Thickness	120 mm	600 mm
Exchange time	Adsorption time	6 min/collect	120 min/collect
	Escape time	6 min/collect	30 min/collect
Adsorption container	Size	1600L×1100W×1500H	∅2600×1500H
	Volume	2.64 m³	7.96 m³
Recall consumption	Vapor	350 kg/h	1680 kg/h
	cooling water	10 t/h	48t/h
	Power	15 kw	15 KW

본 연구에서는 수입 K-필터를 대체하기 위해 활성탄소섬유 소재의 필터를 설계하고 성능을 평가한다.

### II. VOCs 회수용 흡착형 ACF 필터 구현

#### 2.1. VOCs GAS 처리기술

일반적으로 VOCs GAS 제거 기술은 회수 방식(recovery methods)과 분해 방식(destruction methods)으로 나눈다. 회수 방식에는 흡착, 응축, 흡수 및 막분리 등이 있으며, 분해 방식에는 소각, 광촉매 산화, 오존 촉매 산화, 플라즈마 촉매, 생물학적 분해 등이 있다[7].

분해 방법은 VOC를 CO<sub>2</sub> 및 H<sub>2</sub>O를 전환시키는 것이지만, 회수 방법은 VOC의 회수가 가능하다. 소각을 포함한 대부분의 분해 방법은 반응을 위한 고온의 열원

공급을 위해 많은 에너지를 소비할 뿐만 아니라 필연적으로 NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, OH, 라디칼, 2차 유기 에어로졸 등과 같은 독성 부산물을 생성한다. 회수 방법의 하나인 흡착 기술은 주로 비용이 저렴하고 효율이 높아 VOC를 처리하는 유리한 방법의 하나로 사용되었다[8].

활성탄을 이용한 흡착 기술은 초기 투자비가 저렴하며 처리효율이 우수하나, 법적 배출허용 기준을 준수하기 위해서는 활성탄 교체주기가 짧아 교체비용이 증가하고, 활성탄 재생에도 많은 에너지가 소요되는 단점이 있다. 특히, 반복 재생시 흡착제 마모 및 손상, 오염물에 의한 흡착 기공 막힘 문제가 발생되어 재생 효율이 감소되기 때문에 재생 횟수가 제한적이라는 단점이 있다[7]. 그러나 VOCs 감소를 위한 저비용, 고효율 및 우수한 안정성의 흡착제로서 가장 잠재력이 있는 것으로 평가되고 있다. 표 3은 VOCs 처리 방법의 기술적 특성을 나타낸다.

Table 3. Technical characteristics of VOCs processing methods.

표 3. VOCs 처리 방법의 기술적 특성

Remove Method	Remove efficiency	Reuse	By-product	Energy Consumption	VOCs density
Incinerate	> 99%	No	CO, NO <sub>x</sub>	Normal	20~25%
Condensation	Normal	Use	-	High	>5,000 ppm
Biological decomposition	100% /7Mth	No	Acetaldehyde, Propanal, Acetone	Low	<5,000 ppm
Absorption	-	Use	Used Absorbers	Normal	-
Absorption	> 90%	Use	Used Absorbers	Normal	700~1,000 ppm
Plasma catalyst	74~81%	No	Formic acid, Carboxylic acids, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>	High	-
Photocatalytic oxidation	100% (5 min)	No	OH·radicals	Normal	-
Ozone catalytic oxidation	100% (2 Hour)	No	Secondary Organic Aerosols	High	-
Membrane separation	-	Use	Blocked membrane separation	High	<25%

## 2.2. 탄소계 흡착제 활성탄과 활성탄소섬유

활성탄은 석탄, 토탄, 갈탄, 석유 피치, 목재, 견과류 등 탄소가 풍부한 물질의 탄화 및 활성화 과정을 통해 생산되며, 저렴한 비용, 우수한 흡착 능력, 산과 염기 및

열적 안정성으로 인해 가장 널리 사용되는 흡착제이다. 이러한 활성탄은 알칸, 알코올, 에테르, 알데하이드, 케톤, 에스테르, 방향족 화합물 등 대부분의 VOC를 회수하는 흡착공정에 널리 사용되고 있다.

활성탄소섬유(ACF, Activated carbon fiber)는 700~1,000°C에서 대기 중 증기 또는 이산화탄소에 의해 유기 섬유(폴리아크릴로 니트릴 섬유, 셀룰로오스 섬유, 페놀수지 섬유, 피치 섬유 등)를 탄화 및 활성화하여 제조하는 새로운 섬유상 탄소계 재료이다. 이러한 ACF의 짧고 곧은 미세 기공을 가진 얇은 섬유 모양은 흡착제 표면에서 빠른 흡착이 일어나는 특성이 있다[9].

VOCs 회수용 필터를 개발하기 위해서 VOCs 흡착능이 수입 필터와 동등 이상이면서 비표면적 및 가격이 저렴해야 한다. 본 연구에 활용한 활성탄소섬유는 국내 H사에서 유기용제 회수용으로 판매되고 있는 ACF(Activate Carbon Filter)로 비표면적 1,700 m<sup>2</sup>/g이며, 밀도는 두께 3 mm 시편을 직경 100 mm로 절단한 후 수량을 증가시키면서 무게를 측정하고, 부피에 대한 무게 측정값을 이용하여 밀도를 산출하였다. 그림 2는 ACF 밀도 측정 결과를 나타낸다.



Sheet [EA]	Volume [cm <sup>3</sup> ]	Weight [g]	Density
1	23.55	1.8797	0.079817
5	117.75	9.2922	0.078915
10	235.5	18.7941	0.079805
20	471	37.736	0.080119
Average =			0.079664

Fig. 2. ACF density measurement results.

그림 2. ACF 밀도측정 결과

## 2.3. 활성탄소섬유 필터 설계 및 시물레이션

활성탄소섬유(ACF) 필터는 수입 필터 형상과 동일한 원통형을 기본 형상으로 선정하여 설계를 진행하며, 형상 도출을 위해 VOCs 탈착용 스팀 공급에 따른 스팀 유동 특성을 분석한다. 필터 크기는 평가에 적용된 흡착 챔버 크기를 고려하여 외경 600 mm, 내경 400 mm, 높이 1500 mm 형상으로 설계하고, 스팀이 흡착 필터 전체에 고르게 분산하도록 한다. 이때 필터 상부 크기, 두께, 높이를 고정한 상태에서 하부 필터 크기를 내경 350

mm, 300 mm, 200 mm로 감소시켜 설계를 진행한다.

스팀 유동해석에 사용된 전산해석 프로그램은 SIEMENS사에서 제공하는 SOLID EDGE 2022 Classic 버전을 사용한다. 스팀 공급량은 상용설비 공급 스팀 양을 반영하여 스팀 350 kg/hr을 1시간에 6회 공급하는 기준을 적용한다. 그림 3은 필터 형상설계에 따른 스팀의 유동성 해석으로 빨간색은 열이 높은 상태, 파란색은 스팀으로 인한 열이 상대적으로 낮아진 상태를 표시한다.

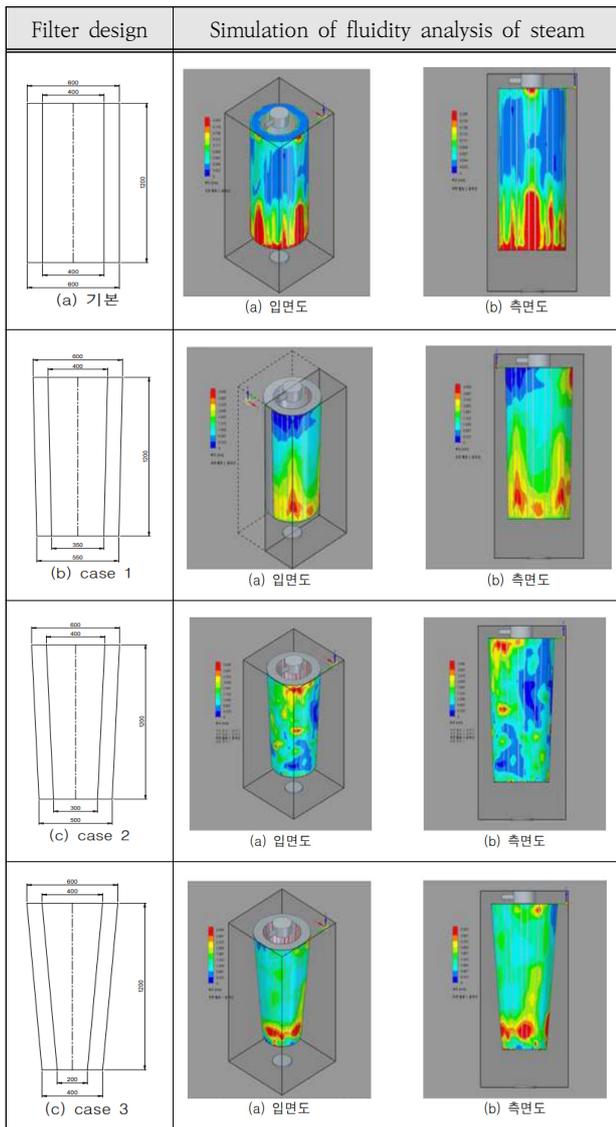


Fig. 3. Fluidity analysis of steam to filter design.  
그림 3. 필터 설계에 따른 스팀의 유동성 해석

필터 형상설계에서 하부크기를 기본 400, case 1은 350, case 2는 300, case 3은 200등으로 변화시키며 스팀의 유동성 해석을 한다. Case 1 형상 필터의 경우, 기본 필터보다 스팀이 비교적 고르게 분포되는 유동을

보이나, 하부에 강한 스팀 유동이 국부적으로 발생됨을 알 수 있다. Case 2 형상 필터의 경우, Case 1보다 상대적으로 필터 전체로 스팀이 분산되어 공급되나 필터 상부쪽 챔버 모서리 부분을 중심으로 스팀 유동이 집중되는 특성이 나타나며, 필터 측면부 이미지를 통해서 필터 중간부와 하단부에 간헐적으로 스팀이 공급되지 않는 구역도 분포되어 있음을 확인할 수 있다. Case 3 형상 필터는 공급된 스팀이 필터 하부에 집중되는 결과도 나타났지만, 앞서 진행된 기본, Case 1, 2 형상 필터에 비해 전체로 스팀이 고르게 분포되어 공급되는 특성을 확인할 수 있다. 따라서 스팀 공급을 이용한 흡착필터 재생은 Case 3 형상의 필터가 가장 효율적인 것으로 판단된다. 이는 적절한 스팀분사온도와 최소 하부구경에 따라 다른 경우보다 VOC 흡착능력이 고르게 이루어 질수 있음을 의미한다.

흡착제로 사용되는 활성탄소섬유는 미세 섬유를 무방형 식물형태로 인장강도가 낮고 부드러운 재질특성으로 절곡이 매우 어렵다. 주름 형태를 유지하기 위해서는 지지용 구조물을 설치하거나 소재에 지지체를 접합하는 방식으로 제작한다. 두께 3 mm인 철심을 이용한 지지용 구조물을 설치하여 주름은 60개 구성이 가능하고, 흡착제 두께를 증가시키기 위해서 지지체 구조상 주름 수를 감소시킬 필요가 있다. 그림 4는 흡착필터 형상과 제원을 나타낸다.

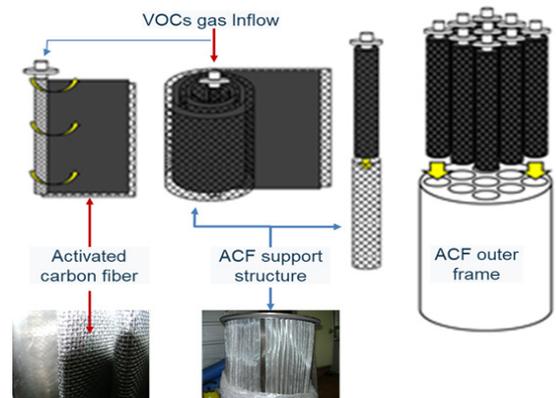


Fig. 4. Adsorption Filter Design and physical appearance.  
그림 4. 흡착필터 설계 및 실물 외관

### III. 활성탄소섬유 흡착 성능평가

#### 3.1. 활성탄소섬유 성능평가

흡착 반응기는 5NCMH급으로 시험가스 처리가 가능한 내경 100 mm이고, 공간속도에 따른 성능평가 시험

진행을 위해 필요한 흡착제 충전량 변화를 고려하여 흡착제 고정용 지지판 높이 조절이 가능하도록 직경 3 mm의 철심을 설치한다. 흡착 반응기는 내부 흡착 모수를 확인할 수 있고, 측면 유입되는 처리 가스, 흡착제 온도 측정 및 차압 특성을 위한 3/8 inch 노즐을 설치한다 [8, 10]. 그림 5는 활성탄소섬유 필터의 성능평가를 위한 장치 구성도이다.

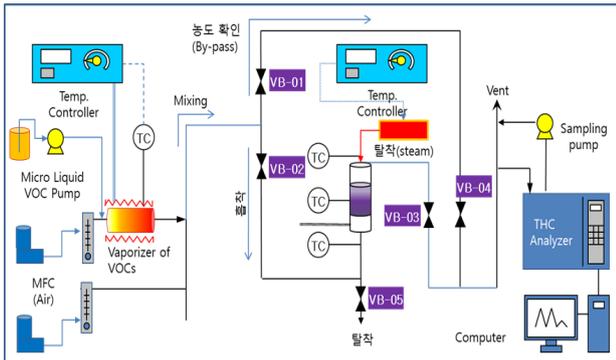


Fig. 5. Composition diagram of a test apparatus for performance evaluation of activated carbon fibers.  
그림 5. 활성탄소섬유 성능평가 시험장치 구성도

VOC는 액상의 물질을 각 물질의 끓는 온도보다 20℃ 높게 제어하고, 3 L/min의 이송 가스를 공급하여 시험 가스와 혼합시킨다. THC 분석기(OHAUS 社) 를 이용하여 농도가 일정하게 유지됨을 확인한 후 흡착실험을 진행한다. 표 4는 활성탄소섬유 흡착성능 평가조건을 나타낸다.

Table 4. Evaluation conditions for adsorption performance of activated carbon fibers.

표 4. 활성탄소섬유 흡착성능 평가조건

Category		Contents
Reactor		100 mm × 400 mmH
VOCs	Supply method	Syringe pump (50mLx2set)
	Adsorption	Toluene, O-xylene, MEK
Test Gas		Air (50, 100 L/min)
Operating conditions	Temperature/c concentration	26~28 °C / 100~400 ppm
	Filling height	3, 6, 9, 15, 25, 75 mm

공간속도 변화에 따른 흡착 특성은 흡착 반응기에 활성탄소섬유를 거치시킨 후 시험 가스 공급 유량 100 L/min과 VOCs 농도 400 ppm 공급 조건에서 흡착제 충전 높이를 3~75 mm 범위로 조절하여 공간속도

(10,000~254,000 h) 조건에서의 활성탄소섬유 흡착 특성을 확인한다. 공간속도가 증가할수록 흡착 용량은 0.36 g/g에서 0.40 g/g으로 증가하는 경향을 보였으나, 파과점 기준에서 흡착 용량은 오히려 감소하는 경향을 보인다. 그리고 파과 시간은 공간속도 51,000-h 조건에서 상용설비 운전 시간과 유사한 9분 15초로 유지한다. 표 5는 공간속도 변화에 따른 흡착량 및 파과시간 변화를 나타낸다. 충전조건에 따라 흡착무게, 총흡착량, 파과 흡수량 및 파과시간 등이 얻어진다.

Table 5. Changes in adsorption amount and breakage time according to changes in spatial speed.

표 5. 공간속도 변화에 따른 흡착량 및 파과시간 변화

Filling conditions	Absorption Weight [g]	Total Absorption [g]	Absorption Quantity	Scallion store Absorption Quantity	Scallion store time [42 ppm]
3 mm (SV 254,000)	1.61	0.64	0.40	-	-
6 mm (SV 127,000)	3.23	1.28	0.40	0.09	120 sec
9 mm (SV 85,000)	4.84	1.80	0.37	0.08	150 sec
15 mm (SV 51,000)	8.07	2.99	0.37	0.17	555 sec
25 mm (SV 32,000)	13.46	4.75	0.35	0.10	510 sec
75 mm (SV 10,000)	40.37	14.37	0.36	0.16	2,340 sec

그림 6은 표 4의 공간속도 변화에 따른 흡착 특성 및 파과시간 결과를 나타낸다.

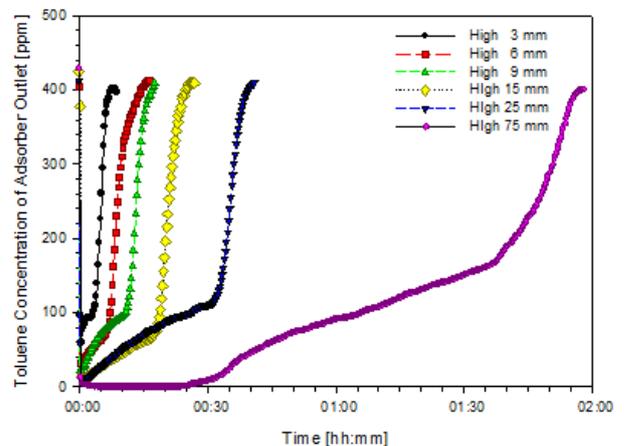


Fig. 6. Adsorption amount and breaking time according to spatial velocity.

그림 6. 공간속도에 따른 흡착량과 파과시간

그림 7은 공간속도에 대해 흡착층 두께와 차압의 변화를 나타낸다.

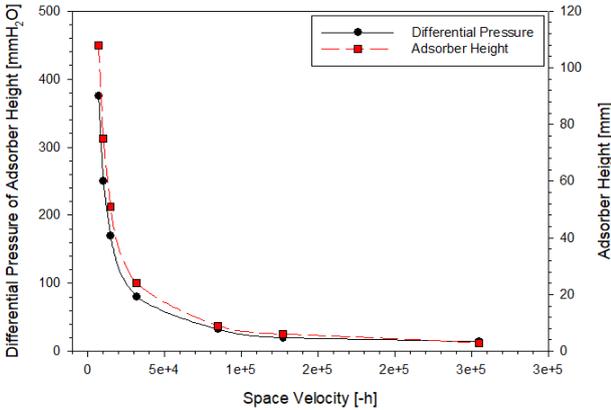


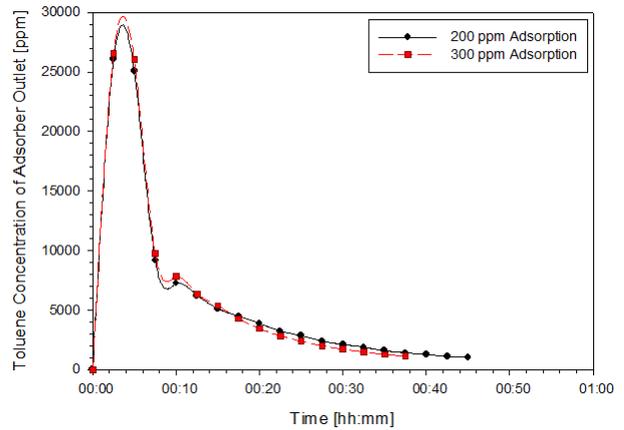
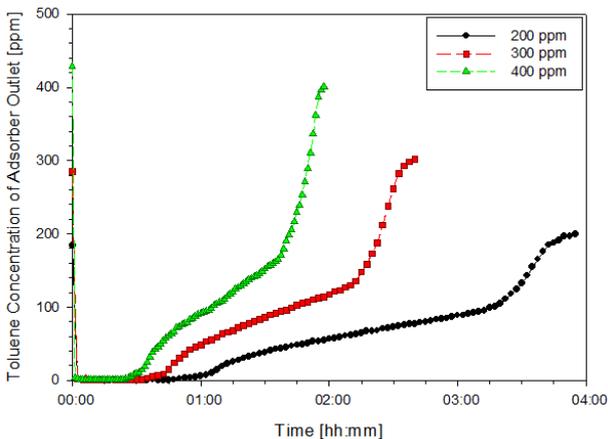
Fig. 7. Variation of adsorption thickness and differential pressure with respect to spatial velocity.

그림 7. 공간속도에 대한 흡착 두께와 차압 변화

VOCs 물질 및 농도에 따른 흡착특성을 위해 대표 물질로 Toluene, o-xylene, MEK를 400 ppm 농도로 공급하여 각 물질의 활성탄소섬유 흡착 특성을 확인한다. Toluene 농도를 200, 300, 400 ppm으로 제어하여 공급하면서 농도 변화에 따른 흡착성능 변화를 확인한다. 그림 8은 톨루엔 농도 변화에 따른 ACF 흡착량 및 파과 시간 특성을 나타낸다.

Density [ppm]	Absorption Weight [g]	Total Absorption [g]	Absorption Quantity	effective Absorption Quantity	effective Absorption time [42 ppm]
200	40.37	13.55	0.34	0.14	4,275 sec
300	40.37	14.18	0.35	0.14	2,805 sec
400	40.37	14.37	0.36	0.14	2,070 sec

(a) 활성탄소섬유 흡착시험



(b) 농도에 따른 활성탄소섬유 파과 특성

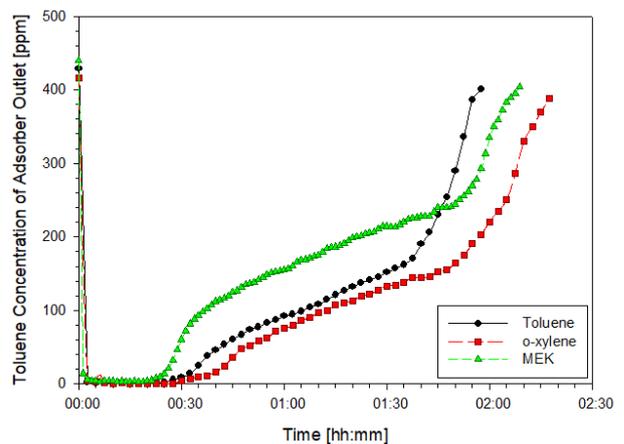
Fig. 8. Adsorption amount and breaking time according to changes in Toluene concentration.

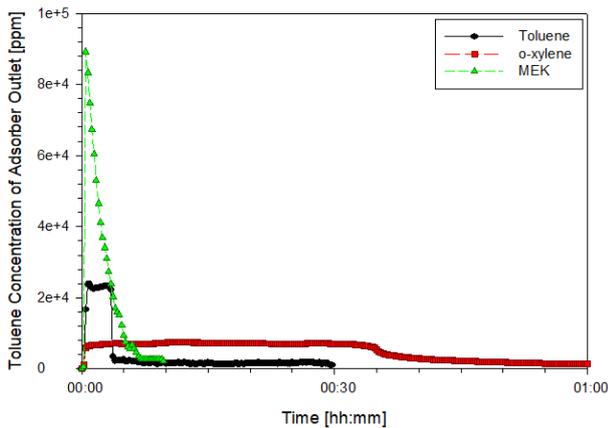
그림 8. Toluene 농도 변화에 따른 흡착량 및 파과 시간

Toluene의 모사가스 농도변화에 따른 흡착특성 실험 결과, 농도가 증가할수록 흡착량이 증가하고 파과 시간이 길어지는 경향을 보였으나, 유효 파과 시점까지의 흡착 용량은 0.14 g/g으로 동일하였다. 이러한 이유는 활성탄소섬유의 흡착은 흡착제 표면에서 주로 VOCs 흡착이 이루어지기 때문에 세공이 깊고 복잡한 활성탄 흡착제에 비해 농도변화에 따른 총 흡착량과 파과점에서의 흡착용량 차이가 크지 않는 것으로 판단된다. 그림 9는 VOCs 물질 종류별 흡착량 및 파과시간을 나타낸다.

Density [ppm]	Absorption Weight [g]	Total Absorption [g]	Absorption Quantity	effective Absorption Quantity	effective Absorption time [42 ppm]
Toluene	40.37	14.37	0.36	0.14	2,070 sec
O-xylene	40.37	19.21	0.48	0.19	2,475 sec
MEK	40.37	10.05	0.25	0.09	1,785 sec

(a) 활성탄소섬유 흡착시험





(b) 재생시험 결과

Fig. 9. Adsorption amount and breakage time by VOCs substance type.

그림 9. VOCs 물질 종류별 흡착 및 재생시험

활성탄소섬유 필터는 o-xylene 총 흡착량 19.21 g과 유효 흡착량 0.19 g이 가장 높고, Toluene, MEK 순서로 흡착 효율이 우수한 것으로 확인된다. 유효흡착 소요 시간은 o-xylene이 41분 15초, Toluene이 34분 30초, MEK가 29분 45초로 대부분 약 30분 동안에 흡착 효율 99% 수준을 유지함으로써 고성능의 흡착 특성을 얻었다.

#### IV. 결론

흡착형 활성탄소섬유(ACF) 필터를 국산화하기 위하여 수입용 필터 형상과 동일한 원통형을 기본 형상으로 설계하고, 적용된 흡착 챔버 크기를 고려하여 외경 600 mm, 내경 400 mm, 높이 1500 mm 형상으로 구성하여 실험하였다.

VOCs 흡착능력이 수입 필터와 동등 이상이면서, 비표면적 및 가격이 저렴한 ACF(Activated Carbon Filter)로 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$ 이며, 밀도는 두께 3 mm 시편을 직경 100 mm로 절단한 후 수량을 증가시키면서 무게를 측정하고, 부피에 대한 무게 측정값을 이용하여 밀도를 산출하였다.

VOCs 대표 물질의 경우 녹는점은  $-24^\circ\text{C}$  이하로 매우 낮고, 끓는점은 MEK가  $79.64^\circ\text{C}$ 로 가장 낮으며, Toluene ( $111^\circ\text{C}$ ), o-xylene( $144.4^\circ\text{C}$ ) 순서로 확인하였다. 표준가스 100 ppm 조건에서 THC 분석한 결과 Toluene은 4.2배, o-xylene은 5.5배 수준의 농도를 측정하고, MEK는 1.8배 수준으로 측정되었다.

활성탄소섬유는 o-xylene 총흡착량(19.21g)과 유효 흡착량(0.19 g)이 가장 높았고, Toluene, MEK 순서로

흡착 효율이 우수한 것으로 확인되었다. 유효흡착 소요시간은 o-xylene(41분 15초), Toluene (34분 30초), MEK(29분 45초)로 대부분 약 30분 동안에는 흡착효율 99% 수준을 유지함으로써 고성능의 흡착 특성을 보였다.

공간속도 변화에 따른 흡착특성은 흡착반응기에 활성탄소섬유를 거치시킨 후 시험가스 공급유량 100L/min과 VOCs 농도 400ppm 공급 조건에서 흡착제 충전 높이를 3~75 mm 범위로 조절하여 공간속도(10,000~254,000-h) 조건에서의 활성탄소섬유 흡착 특성을 확인하였다. 공간속도가 증가할수록 흡착 용량은 0.36 g/g에서 0.40 g/g으로 증가하는 경향을 보였으나 파과점 기준에서의 흡착용량은 오히려 감소하는 경향을 보였다. 그리고 파과시간은 공간속도 51,000-h 조건에서 상용설비 운전시간과 유사한 9분 15초로 유지하였다.

추후, 다양한 외국 제품과 국산 개발 ACF 필터의 추가 성능을 통해 우수성을 입증할 예정이다.

#### References

- [1] "Korea's goal to reduce greenhouse gas emissions in 2030," a press release, 2015.09
- [2] H. W. Lee, etc, Ministry of Environment, Environmental Industry and Technology, "A Study on the Demonstration of Large-Scale Painting Process VOC and HAP Processing Units such as Shipyards," Final Report by World Innotek Co., Ltd, 2017.
- [3] Y. M. Kim, etc, "Development of Hybrid Devices for Reducing VOC and HAP in Large-Scale Painting Processes Using Absorption, Concentration, and Plasma Chemical Process Technology," *Water Premium Engineering Final Report*, 2017.
- [4] H. M. Park, D. H. Yoon, H. M. Jeong, D. H. Jeon "Development of porous plate scrubbers and simulation of IPA processing efficiency to improve dust collection and deodorization," *Safety Culture Research*, Vol.13, No.1, pp.339-349, 2021 DOI: 10.52902/kjsc.2021.13.339
- [5] D. H. Jeon, H. M. Park, D. H. Yoon, etc, "Implementing a filter regeneration device to remove volatile organic compounds (VOCs)," *The Spring Conference of the Korean Society of Industry and Technology*, 2022.

DOI: 10.3390/nano12172959

[6] Korea Active Carbon Fiber Co., Ltd. "Comparison of ACF and GAC Solvent Recovery Devices," <http://acfkorea.com/>

[7] D. H. Jeon, S. W. Jeong, "Development of eco-friendly process technology for energy of volatile organic compounds in response to fine dust," *Research Results of the Korea Advanced Institute of Technology*, 2019.

[8] H. M. Park, D. H. Jeon, & D. H. Yoon, "Localization and Rehabilitation of Imported Filter Parts for Removal of Volatile Organic Compounds (VOCs)," *EM Solution Research Results Report*, 2022.

[9] [www.acfkorea.com](http://www.acfkorea.com)

[10] X. Zhao, D. H. Yoon, "Low-temperature fluidity analysis and testing device for 2-pin sensor integrated fuel heaters," *Journal of the Korean Electrical and Electronic Association (IKEEE)*, Vol.23, No..4, pp.1230-1235, 2019.

## BIOGRAPHY

### Dong-Hwan Jeon (Member)



2002 : BS degree in Environmental Engineering, Joongbu University.  
2005 : MS degree in Environmental Engineering, Chungbuk National University.  
2021 : Ph.D Cand degree in Environmental Engineering, Chungbuk National University.

2005~2007 : Research Engineer, Korea Institute of Energy Research.

2007~2012 : Principal Research Engineer, Sejin Environment Co.Ltd.

2012~ : Senior Research Engineer, Institute for Advanced Engineering.

### Hoon-Min Park (Member)



2001 : Specialized Bachelor in Construction Engineering, Anyang College of Science.

2019 : BA degree in Business Administration, Korea Cyber University.

2021 : MBA degree in IT Business Administration, Ajou University.

1999.12~2002.01 : Dongkwang Environment Co., Ltd. Acting Section Chief.

2002.01~2015.12. : Kumho Environment Co., Ltd. Director.

2016.01~ : Emsolution Co., Ltd. CEO. Major Area : Environment Syatem

### Dal-Hwan Yoon (Member)



1984 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1986 : MS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1994 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

2016.03~2017.02 : KAIST CEO Course

1987.07~1993.06 : Professor of Electronic Engineering at the KMA. 2001.01~2003.08 : Director of the Institute of Industrial Technology at Semyung University. 2004.07~2009.12 : CEO of Hi-win Co., Ltd.

2010.10~2015.09 : Shinwoo Hi-Tech Co., Ltd. (Director of Research Institute)

2018.08~2019.10 : Hankook Heavy Machinery Co., Ltd. (Management Technology Advisor)

2018.10~2021.10 : Construction Machinery Social Cooperative (Director). 2019.11~ : Safety and Culture Forum (Vice Chairman)

1995.03~ : Professor of Electronic Engineering at Semyung University